

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-086322

(43)Date of publication of application : 30.03.1999

(51)Int.Cl.

G11B 7/135

G11B 11/10

(21)Application number : 09-237021

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 02.09.1997

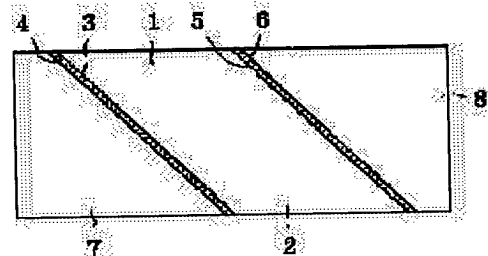
(72)Inventor : NASU SHOGO  
TSUJI HIROYASU  
FUKAZAWA TOSHIO  
NOCHI KIDAI

## (54) OPTICAL ELEMENT AND ITS PRODUCTION

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To lower the dependence of light on an incident angle and to obtain good optical characteristics by alternately laminating highrefractive index films and dielectric films formed of specific compsn. materials on the substrate surface of an optical element, thereby forming polarization beam splitting films.

**SOLUTION:** The polarization beam splitting films 4 are formed by alternately laminating the high-refractive index films consisting of the material  $\text{Si}1-a-Xa$  in which the compsn. (a) to silicon Si of X is  $0.05 \leq a \leq 0.35$  when X is defined as at least one material of oxygen O and carbon C and the dielectric films on the substrate surface of the optical element. As a result, the refractive index (n) is increased and the absorption coefft. is lowered and, therefore, the dependence of the incident angle on the angle is lessened and the variation in the characteristics of the high-refractive index film layers is suppressed. The phase difference between P polarized light and S polarized light is lessened as well. The optical element is provided with reflection films 6 alternately laminated with the dielectric films having the lower refractive index than the refractive index of the high-refractive index films, by which the absorption coefft. is made smaller while the high refractive index (n) is maintained. The reflectivity is thus increased and the dependence on the angle is further improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-86322

(43)公開日 平成11年(1999) 3月30日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>G 1 1 B 7/135  
11/10

識別記号

5 5 1

F I

G 1 1 B 7/135  
11/10

A

5 5 1 E

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平9-237021

(22)出願日 平成9年(1997) 9月2日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 那須 昌吾

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 辻 弘恭

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 深澤 利雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 岡本 宜喜

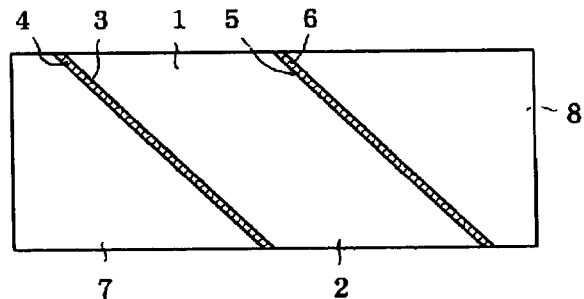
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 透過率、反射率、P-S位相差等の光学特性を、光の入射角度依存性の少ないものにする。

【解決手段】 断面が略平行四辺形である硝材の一方の斜面上にSiの高屈折率膜 $Si_{1-a}-X_a$  (Xは酸素、窒素、炭素の内少なくとも一種からなり、組成が $0.05 \leq a \leq 0.35$ である膜)と、誘電体膜とを交互に積層した多層膜からなる偏光ビームスプリット膜を形成する。また、硝材の他方の斜面上に、Siの高屈折率膜 $Si_{1-b}-X_b$  (Xは酸素、窒素、炭素の内少なくとも一種からなり、組成が $0.05 \leq b \leq 0.35$ である膜)と、低屈折率の誘電体膜とを交互に積層した反射膜を形成する。こうすると光磁気記録媒体からの反射光が拡散していても、P偏光とS偏光の位相差が変化せず、読み出し信号のSN比が高くなる。



4 ----- 偏光ビームスプリット膜

6 ----- 反射膜

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板面に前記基板より高屈折率の高屈折率膜と誘電体膜とを交互に積層した偏光ビームスプリット膜を有する光学素子であって、

前記高屈折率膜は、

Xを酸素O、窒素N、炭素Cの内少なくとも1つの物質とすると、前記Xの珪素Siに対する組成aが $0.05 \leq a \leq 0.35$ の物質 $Si_{1-a}-X_a$ で成膜されることを特徴とする光学素子。

【請求項2】 基板面に前記基板より高屈折率の高屈折率膜と前記高屈折率膜より低屈折率の誘電体膜とを交互に積層した反射膜を有する光学素子であって、

前記高屈折率膜は、

Xを酸素O、窒素N、炭素Cの内いずれか1つの物質とすると、前記Xの珪素Siに対する組成bが $0.05 \leq b \leq 0.35$ の物質 $Si_{1-b}-X_b$ で成膜されることを特徴とする光学素子。

【請求項3】 前記誘電体膜は、

$Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Y_2O_3$ 、 $TiO_2$ のうち、少なくとも1つの物質を含むことを特徴とする請求項1記載の光学素子。

【請求項4】 前記誘電体膜は、

$Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ のうち、少なくとも1つの物質を含むことを特徴とする請求項2記載の光学素子。

【請求項5】 請求項1又は2記載の高屈折率膜を含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、酸素、窒素の内1種又は2種のガスを含むイオンビームを基板面に照射してイオンを注入することを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項6】 請求項1又は2記載の高屈折率膜を含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、 $CH_3$ 、 $NH_3$ 、 $H_2O$ 、アルコールの少なくとも1種のプラズマを用いることを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項7】 請求項1又は2記載の高屈折率膜を含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、オゾンを用いることを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項8】 請求項1又は2記載の高屈折率膜を含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製を、 $H_2O$ 、アルコールの内少なくとも1種のガス雰囲気中で行うことを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項9】 請求項1記載の偏光ビームスプリット膜を含む光学素子の製造方法であって、前記偏光ビームスプリット膜の成膜後、真空中で熱処理するに際し、熱処理温度Tが $250^\circ C \leq T \leq 450^\circ C$ の範囲で行うことを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項10】 請求項2記載の反射膜を含む光学素子の製造方法であって、

前記反射膜の成膜後、真空中で熱処理するに際し、熱処理温度Tが $250^\circ C \leq T \leq 450^\circ C$ の範囲で行うことを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項11】 断面が略平行四辺形である硝材と、前記硝材の第1の傾斜面に、前記硝材より高屈折率の高屈折率膜と誘電体膜とを交互に積層して成膜した偏光ビームスプリット膜と、前記硝材の第1の傾斜面と平行な第2の傾斜面に、前記高屈折率膜と前記高屈折率膜より低屈折率の誘電体膜とを交互に積層した反射膜と、を具備することを特徴とする光学素子。

【請求項12】 請求項11記載の偏光ビームスプリット膜と反射膜とを含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、酸素、窒素の内1種又は2種のガスを含むイオンビームを基板面に照射してイオンを注入することを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項13】 請求項11記載の偏光ビームスプリット膜と反射膜とを含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、 $CH_3$ 、 $NH_3$ 、 $H_2O$ 、アルコールの少なくとも1種のプラズマを用いることを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項14】 請求項11記載の偏光ビームスプリット膜と反射膜とを含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、オゾンを用いることを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項15】 請求項11記載の偏光ビームスプリット膜と反射膜とを含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製を、 $H_2O$ 、アルコールの内少なくとも1種のガス雰囲気中で行うことを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項16】 前記偏光ビームスプリット膜における高屈折率膜の屈折率n及び吸収係数kが、 $n \geq 2.8$ 、 $k \leq 0.2$ であり、前記反射膜における高屈折率膜の屈折率n及び吸収係数kが、 $n \geq 2.8$ 、 $k \leq 0.2$ であることを特徴とする請求項11記載の光学素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、偏光ビームスプリット膜と反射膜とを有する光学モジュールを集積化を図り、レーザー光の拡散によるP-S位相差をより少なくした光学素子と、その製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、レーザー光の照射により情報の記録又は再生を行う光ディスクとしては、光磁気ディスク、追記型光ディスク、コンパクトディスク(CD)、レーザーディスクがあり、それらは既に実用化されている。そして今日、次世代の記録メディアとしてデジタルビデオディスク(DVD)に期待が集まっている。

【0003】以上のディスク記録再生装置の重要な光学

素子である光ピックアップは、光ディスクで記録・再生の特性に大きな影響力を持つ。時代の趨勢として、光ピックアップの集積化に伴い、ディスク記録再生装置の更なる小型化に向けた技術開発が続けられている。

【0004】このような趣旨の光ピックアップの一例として、特願平7-136462号に示されるものがある。この引例では光磁気ディスク（光磁気記録媒体）を対象とした小型の光ピックアップが提案されている。図8は上記従来の光ピックアップの概略断面図であり、図9は光ピックアップを構成する受光素子、発光素子及び検光子の上面図である。

【0005】図8、図9において、光学モジュール81の内部には基板82が設けられている。基板82上には発光素子としてのレーザーダイオード83と受光素子としての光検出素子84、85、86がある。レーザーダイオード83は、基板82の一部に略45°の斜面を有する凹部を設け、その中に発光チップを搭載して、発光チップからの放射光が45°の斜面にあたり、ここで反射して上方にレーザー光を放射させるようにしたものである。

【0006】図9に示すように、光検出素子84は、6個に分割されたフォトダイオード84a～84fから構成されている。光検出素子85も6個に分割されたフォトダイオード85a～85fから構成されている。光検出素子84、85はフォーカス信号及びトラッキング信号を得るための素子である。光検出素子86は、光磁気記録媒体92のトラックに記録された情報を読み取る素子であり、光検出素子84、85の配列方向に対して略45°傾いた方向に分割された2個のフォトダイオード86a、86bから構成されている。

【0007】ガラス又は樹脂で構成された透明基板87が基板82の上部に設けられ、光学モジュール81の内部を密封している。レーザーダイオード83に対向する透明基板87の下面には、ホログラム回折素子88が形成されている。このホログラム回折素子88は、略5°～20°で回折される±1次回折光の焦点位置が異なるよう作用させるもので、この回折格子を設けることによりレンズ機能を持たせている。

【0008】図8に示すように、透明基板87の上部に偏光プリズム89が一体に構成されている。この偏光プリズム89は、断面が略直角三角形の三角形プリズムと、左右の面が略45°に傾斜した略平行四辺形のプリズムとを接合したもので、光軸を含む面と直角方向から見て、断面が略台形となった偏光プリズムである。その接合部89aに、レーザーダイオード83から放射される光が照射されると、P偏光のときに透過率が略70%となり、反射率が略30%となり、またS偏光のときには反射率が略100%となる偏光ビームスプリット膜BSが形成されている。この偏光ビームスプリット膜BSは、表1で示すような各種の誘電体薄膜を多層化して構

成したものである。

【表1】

		膜厚
基板	n=1.635	—
第1層	TiO <sub>2</sub>	119nm
第2層	SiO <sub>2</sub>	183nm
第3層	TiO <sub>2</sub>	119nm
第4層	SiO <sub>2</sub>	183nm
第5層	TiO <sub>2</sub>	119nm
第6層	SiO <sub>2</sub>	183nm
第7層	TiO <sub>2</sub>	119nm
第8層	SiO <sub>2</sub>	183nm
第9層	TiO <sub>2</sub>	119nm
基板	n=1.635	—

【0009】偏光プリズム89の斜面89bは、光学モジュール81の内部に向かって傾斜した面であって、この斜面89b上には、表2で示すような各種の誘電体薄膜を多層化した反射膜Rが設けられている。

【表2】

		膜厚
基板	$n = 1.635$	—
第1層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第2層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第3層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第4層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第5層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第6層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第7層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第8層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第9層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第10層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第11層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第12層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第13層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第14層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第15層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第16層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第17層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第18層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第19層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第20層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第21層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第22層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第23層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第24層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第25層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第26層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第27層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第28層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第29層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第30層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第31層	$\text{TiO}_2$	119 nm
第32層	$\text{SiO}_2$	183 nm
第33層	$\text{TiO}_2$	119 nm
基板	$n = 1.635$	—

【0010】受光素子86の上部にプリズム型検光子90が取り付けられている。このプリズム型検光子90は、断面が三角形のプリズムと、断面が平行四辺形のプリズムとを接合し、断面が台形状となった検光子である。その接合面は、P偏光の透過率が略100%、S偏光の反射率が略100%に設定された偏光分離面90aとなっている。

【0011】プリズム型検光子90において、偏光分離面90aが光検出素子86のフォトダイオード86aの上部に配置され、斜面90bが光検出素子86のフォトダイオード86bの上方に配置されている。図8に示す対物レンズ91は、偏光プリズム89の上方に設けられ、レーザーダイオード83のレーザー光を光磁気記録媒体92に集束すると共に、その反射光を集光する対物レンズである。

【0012】上記のように構成された光ピックアップにおいて、レーザーダイオード83から放射されたP偏光の光は、ホログラム回折素子88の部分透過し、偏光プリズム89の接合部89aに入射する。接合部89aに形成された偏光スプリット面89aでは、P偏光の透過率が略70%、反射率が略30%であり、S偏光の反射率が略100%であるので、入射光の略70%が透過し、その透過光が対物レンズ91によって集光され、光磁気記録媒体92に照射される。

【0013】光磁気記録媒体92上で反射したレーザー光は、記録されている信号によって偏光面が略0.5°程度回転する。このため再生時の光磁気信号成分として若干のS偏光成分を有する反射光が、対物レンズ91を介して偏光プリズム89の接合部89aに戻る。この接合部89aは偏光分離面の働きをする。即ち、この偏光分離面は、P偏光の透過率が略70%、反射率が略30%であり、S偏光の反射率が略100%であるので、P偏光成分の略70%は透過し、P偏光成分の略30%と光磁気信号成分であるS偏光成分の略100%は図8の右側に反射する。

【0014】次に接合部89aで反射した光は、斜面89bで下側に反射され、透明基板87を透過する。そして光学モジュール81内に設けたプリズム型検光子90の偏光分離面90aに入射する。偏光分離面90aでは、P偏光の透過率が略100%、S偏光の反射率が略100%に設定されているので、P偏光成分は偏光分離面90aを透過して光検出素子86のフォトダイオード86aに入射する。また入射光の内S偏光成分は偏光分離面90aで右方向に反射し、斜面90bで下方向に反射され、光検出素子86のフォトダイオード86bに入射する。

【0015】上記のような構成による光ピックアップでは、光学モジュール81と一体にP偏光とS偏光とで反射率及び透過率が夫々異なる偏光プリズム89を設けたこと、及び光学モジュール81の内部にレーザーダイオード83と光検出素子84～86を設け、基板82上にプリズム型検光子90を一体に設けたことにより、小型に集積化された光ピックアップを得ていた。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】光ピックアップにおける構成要素の集積化は、一般に半導体レーザーと光検出素子とを用いて行われる。半導体レーザーは、他の方式

のレーザーと異なり、光源として本質的にある広がりを持った拡散光を出力する。このために、光ピックアップの光学特性は、半導体レーザー光の入射角、特に光磁気記録媒体からの反射光に強く影響を受ける。

【0017】図8、図9で示した光磁気ディスク用の光ピックアップでは、多くの場合、偏光プリズム89において、接合部89aに形成した偏光ビームスプリット膜BS、及び斜面89bに形成した反射膜Rは、夫々複数の誘電体膜で構成されているために、半導体レーザー光の幅広い入射角に伴って、P偏光とS偏光間の位相差が発生する。

【0018】P偏光とS偏光間の位相差をP-S位相差と呼ぶと、反射膜Rでの反射光のP-S位相差、及び偏光ビームスプリット膜BSの反射光のP-S位相差の合計、即ち、光磁気記録媒体92で反射した光が光検出素子に入射する際のP-S位相差は、図10の一点鎖線のようになる。このようにP-S位相差の入射角度依存性は、設計入射角である $45^\circ$ を中心にその前後で大きく変化する。

【0019】例えば光の入射角度が $45^\circ \pm 5^\circ$ の範囲で変化すると、偏光ビームスプリット膜BSのP-S位相差は実線で示すように $-30^\circ \sim +40^\circ$ と大きく変化する。また反射膜RのP-S位相差は二点鎖線で示すように $-50^\circ \sim +50^\circ$ 以上となる。このため光検出素子に入射する際の光のP-S位相差（総合のP-S位相差）は $-50^\circ \sim +50^\circ$ 以上となる。

【0020】しかしながら、光磁気記録媒体の再生動作を良好に行うためには、光検出素子に入射する際の光のP-S位相差は少なくとも $-20^\circ \sim +20^\circ$ 程度に抑える必要がある。しかし上記従来の偏光ビームスプリット膜BSと反射膜Rでは、半導体レーザーのような拡散

光に対応した性能を有する光ピックアップを実現することが困難であった。

【0021】このような問題点を解決するために、本願の発明者らは、光磁気ディスク用の光ピックアップとして、断面が略平行四辺形である硝材の斜面上に、メタルSiと酸化物 $\text{Si-O}_{2-x}$ （但し $x < 0.5$ ）の混合からなる複合膜と、誘電体膜とを交互に積層して多層膜を形成し、これを偏光ビームスプリット膜BSとした。さらに同一の硝材内であって、偏光ビームスプリット膜を配した斜面と略平行の関係にある斜面上に、高屈折率膜としてメタルSiと酸化物 $\text{Si-O}_{2-x}$ （但し $x < 0.5$ ）の混合からなる複合膜と、相対的に低屈折率膜として複数の誘電体膜とを交互に積層した多層膜Rを形成し、これを反射膜とした。このような偏光ビームスプリット膜BSと反射膜Rを有する略平行プリズムを考案した。（出願済）

【0022】また略平行プリズムにおいて、偏光ビームスプリット膜BSを構成している複合膜の屈折率 $n$ 、吸収係数 $k$ は、夫々 $n \geq 2.8$ 、 $k \leq 0.3$ であること、反射膜Rを構成している複合膜の屈折率 $n$ 、吸収係数 $k$ が、夫々 $n \geq 2.8$ 、 $k \leq 0.3$ であることが好ましいことを考案した。（出願済）

【0023】しかしながら、Siなどの高屈折率膜は、成膜時の雰囲気や環境や装置によって屈折率や吸収係数などが大きく影響を受けて変化する。例えば、真空中で多層膜を成膜する際に、層を重ねる毎にチャンバ内の真空度が変化的ること、製造時にバッチ間でチャンバ内の雰囲気が微妙に異なることなどがあげられる。表3に反射膜R用の積層膜の構成内容と、高屈折率層Siの屈折率 $n$ 及び吸収係数 $k$ とを示す。

【表3】

		膜厚	屈折率	吸収係数
基板	$n = 1.635$	—		
第1層	$Al_2O_3$	354nm		
第2層	Si	30nm	3.0	0.020
第3層	$TiO_2$	127nm		
第4層	Si	30nm	3.3	0.027
第5層	$TiO_2$	127nm		
第6層	Si	30nm	3.4	0.028
第7層	$TiO_2$	127nm		
第8層	Si	30nm	3.4	0.030
第9層	$TiO_2$	127nm		
第10層	Si	30nm	3.4	0.034
第11層	$TiO_2$	127nm		
第12層	Si	30nm	3.5	0.038
第13層	$TiO_2$	127nm		
第14層	Si	30nm	3.5	0.037
第15層	$TiO_2$	127nm		
第16層	Si	30nm	3.5	0.038
第17層	$TiO_2$	127nm		
第18層	Si	30nm	3.6	0.038
第19層	$TiO_2$	127nm		
第20層	Si	30nm	3.6	0.040
第21層	$TiO_2$	127nm		
第22層	Si	30nm	3.6	0.040
第23層	$Al_2O_3$	354nm		
基板	$n = 1.635$	—		

【0024】ここで分光特性より屈折率と吸収係数を求めるために、Siの膜厚を30nmとした。第2層のSi膜は $n$ が3.0、 $k$ が0.02であるが、4層、6層・・・と層数を重ねていくと $n$ 、 $k$ の値は共に大きくなり、20層からは $n$ が3.6、 $k$ が0.04となっている。従って、層数が増加するに従い、吸収係数が大きくなり、 $n$ 、 $k$ の値がばらつくため、反射率が大きくて入射角度依存性の小さな反射膜が得られないなどの問題点が

あった。

【0025】これらの原因は、層数を重ねる内にチャンバ内の雰囲気に変化するため、 $n$ 、 $k$ の値に変化が生じるものと考えられる。更に製造時のバッチ間でチャンバ内の雰囲気に微小の変化が生じ、Siの $n$ 、 $k$ が変化する。このため、安定した特性の光ピックアップを製造することが困難であった。

【0026】以上の様な高屈折率膜の吸収係数のばらつ



きなどが原因で、光学デバイスとしての安定な特性が得られないことなどの課題があった。

【0027】本発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたものであって、吸収係数がより小さく、かつ高屈折率膜層の特性のばらつきを抑え、P偏光とS偏光の位相差を低減した光学素子（偏光プリズム）とその製造方法を実現することを目的とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するため、本願の請求項1の発明によれば、基板面に前記基板より高屈折率の高屈折率膜と誘電体膜とを交互に積層した偏光ビームスプリット膜を有する光学素子であって、前記高屈折率膜は、Xを酸素O、窒素N、炭素Cの内少なくとも1つの物質とすると、前記Xの珪素Siに対する組成aが $0.05 \leq a \leq 0.35$ の物質 $Si_{1-a}-X_a$ で成膜されることを特徴とするものである。

【0029】このような構成によれば、光の入射角が変化しても光学特性は変化しない。即ち、偏光ビームスプリット膜の屈折率nが高く、吸収係数が小さくなるため、入射角の角度依存性がより少なくなる。

【0030】また本願の請求項2記載の発明によれば、基板面に前記基板より高屈折率の高屈折率膜と前記高屈折率膜より低屈折率の誘電体膜とを交互に積層した反射膜を有する光学素子であって、前記高屈折率膜は、Xを酸素O、窒素N、炭素Cの内いずれか1つの物質とすると、前記Xの珪素Siに対する組成bが $0.05 \leq b \leq 0.35$ の物質 $Si_{1-b}-X_b$ で成膜されることを特徴とするものである。

【0031】このような構成の反射膜では、酸素、窒素、炭素を含むため、屈折率nを高く保持したまま、吸収係数kを小さくできる。その結果、入射光の吸収を低減でき、反射率を増大でき、角度依存性を改善できる。

【0032】また本願の請求項3記載の発明によれば、請求項1の光学素子において、前記誘電体膜は、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Y_2O_3$ 、 $TiO_2$ のうち、少なくとも1つの物質を含むことを特徴とするものである。

【0033】また本願の請求項4記載の発明によれば、請求項2の光学素子において、前記誘電体膜は、 $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ のうち、少なくとも1つの物質を含むことを特徴とするものである。

【0034】また本願の請求項5記載の発明によれば、請求項1又は2記載の高屈折率膜を含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、酸素、窒素の内1種又は2種のガスを含むイオンビームを基板面に照射してイオンを注入することを特徴とするものである。

【0035】このような製造方法によれば、Si膜中に効率よく酸素や窒素が入り込み、高屈折率、低吸収係数の膜を得ることができる。

【0036】また本願の請求項6記載の発明によれば、

請求項1又は2記載の高屈折率膜を含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、 $CH_3$ 、 $NH_3$ 、 $H_2O$ 、アルコールの少なくとも1種のプラズマを用いることを特徴とするものである。

【0037】このような製造方法によれば、プラズマを利用するため、Si膜中に効率よく窒素や炭素が入り込み、高屈折率、低吸収係数の膜を得ることができる。

【0038】また本願の請求項7記載の発明によれば、請求項1又は2記載の高屈折率膜を含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、オゾンを用いることを特徴とするものである。

【0039】このような製造方法によれば、オゾンを用いることにより、酸素を含んだSi膜が高真空中で作製することができる。

【0040】また本願の請求項8記載の発明によれば、請求項1又は2記載の高屈折率膜を含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製を、 $H_2O$ 、アルコールの内少なくとも1種のガス雰囲気中で行うことを特徴とするものである。

【0041】このような製造方法によれば、高い屈折率nを保持したまま、吸収係数kを小さくすることができる。

【0042】また本願の請求項9記載の発明によれば、請求項1記載の偏光ビームスプリット膜を含む光学素子の製造方法であって、前記偏光ビームスプリット膜の成膜後、真空中で熱処理するに際し、熱処理温度Tが $250^\circ C \leq T \leq 450^\circ C$ の範囲で行うことを特徴とするものである。

【0043】また本願の請求項10記載の発明によれば、請求項2記載の反射膜を含む光学素子の製造方法であって、前記反射膜の成膜後、真空中で熱処理するに際し、熱処理温度Tが $250^\circ C \leq T \leq 450^\circ C$ の範囲で行うことを特徴とするものである。

【0044】請求項9、10の製造方法によれば、多層膜を成膜後に前記温度範囲で熱処理することで、高屈折率膜の吸収率を低減できる。

【0045】また本願の請求項11記載の発明によれば、断面が略平行四辺形である硝材と、前記硝材の第1の傾斜面に、前記硝材より高屈折率の高屈折率膜と誘電体膜とを交互に積層して成膜した偏光ビームスプリット膜と、前記硝材の第1の傾斜面と平行な第2の傾斜面に、前記高屈折率膜と前記高屈折率膜より低屈折率の誘電体膜とを交互に積層した反射膜と、を具備することを特徴とするものである。

【0046】また本願の請求項12記載の発明によれば、請求項11記載の偏光ビームスプリット膜と反射膜とを含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、酸素、窒素の内1種又は2種のガスを含むイオンビームを基板面に照射してイオンを注入することを特徴とするものである。

【0047】また本願の請求項13記載の発明によれば、請求項11記載の偏光ビームスプリット膜と反射膜とを含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、 $\text{CH}_3$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、アルコールの少なくとも1種のプラズマを用いることを特徴とするものである。

【0048】また本願の請求項14記載の発明によれば、請求項11記載の偏光ビームスプリット膜と反射膜とを含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製時に、オゾンを用いることを特徴とするものである。

【0049】また本願の請求項15記載の発明によれば、請求項11記載の偏光ビームスプリット膜と反射膜とを含む光学素子の製造方法であって、前記高屈折率膜の作製を、 $\text{H}_2\text{O}$ 、アルコールの内少なくとも1種のガス雰囲気中で行うことを特徴とするものである。

【0050】また本願の請求項16記載の発明によれば、請求項11の光学素子において、前記偏光ビームスプリット膜における高屈折率膜の屈折率 $n$ 及び吸収係数 $k$ が、 $n \geq 2.8$ 、 $k \leq 0.2$ であり、前記反射膜における高屈折率膜の屈折率 $n$ 及び吸収係数 $k$ が、 $n \geq 2.8$ 、 $k \leq 0.2$ であることを特徴とするものである。

【0051】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態における光学素子及びその製造方法について、図1～図7を用いて説明する。

【0052】（実施の形態1）本実施の形態の光学素子（偏光プリズム）を形成する高屈折率膜や誘電体膜は、電子ビーム蒸着法（EB蒸着法）で成膜した。基板温度は $300^\circ\text{C}$ 、到達真空度 $5 \times 10^{-6}\text{Torr}$ 以下とした。 $\text{Si}$ の高屈折率膜は、 $\text{Cu}$ ハースの中に入った $\text{Si}$ に、電子ビームを照射して $\text{Si}$ を溶融及び蒸発させて基板上に成膜した。そこで酸素ガスを導入することで、酸素を含んだ膜が得られた。誘電体膜としては、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 及び $\text{TiO}_2$ 膜を用いるが、上記と同様な方法で成膜した。

【0053】高屈折率膜の作製時のイオンアシストは、照射用カフマン型イオンガンを用いて行った。 $\text{Si}$ はE

B蒸着法により蒸発させ、基板にイオンを照射しながら成膜する。イオンは、アルゴンと酸素、窒素イオンの内少なくとも一種を用いた。到達真空度は $3 \times 10^{-6}\text{Torr}$ で、イオン電流密度 $0.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 、加速電圧 $200\text{eV}$ の条件で行った。基板は治具に固定し、治具ホルダーは水冷した。

【0054】高屈折率膜の成膜は、作製時に $\text{CH}_3$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、アルコールの少なくとも1種のガスをチャンバ内に導入し、プラズマ発生用コイルに高周波電力を印加して行った。まず $\text{Si}$ はEB蒸着法により蒸発させ、次に $\text{CH}_3$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、アルコールの少なくとも1種のガスを $5 \times 10^{-4}\text{Torr}$ の圧力までチャンバ内に導入した。 $\text{H}_2\text{O}$ は水蒸気にガス化してチャンバ内に導入し、アルコールは特級試薬エチルアルコールを気化して使用した。そしてコイルに $200\text{W}$ の高周波電力を印加してプラズマを発生させた後、シャッターを開いて成膜した。

【0055】オゾンを用いた成膜とは、酸素ガスにオゾンを $10\text{wt}\%$ 混合したガスを用いたものである。オゾンは酸素より反応性の高い活性種であるため、高真空下での成膜が可能である。到達真空度は $1 \times 10^{-6}\text{Torr}$ 、成膜時の真空度は $5 \times 10^{-6}\text{Torr}$ で行った。まずオゾンを含んだ酸素ガスをチャンバ内に導入し、次に $\text{Si}$ をEB蒸着法により蒸発させ成膜した。

【0056】膜の組成は光電子分光法、オージェ電子分光法などで調べた。また屈折率、吸収係数の測定は、分光器、エリプソメトリー測定機を使用して行った。P-S位相差の入射角度依存性や反射率の測定は、プリズムに本実施の形態の偏光ビームスプリット膜Bと反射膜Rとを成膜し、分光器で測定した。

【0057】表4は、本実施の形態の偏光ビームスプリット膜Bの一部を構成する高屈折率膜の組成と光学特性を示す表である。この表では、本実施の形態の各種製造方法で得られた高屈折率膜 $\text{Si}_{1-a}-\text{X}_a$ の組成 $1-a$ 、 $a$ と、波長 $80\text{nm}$ での屈折率、吸収係数が示されている。但し、 $\text{X}$ は酸素、窒素、炭素の内少なくとも一種からなる物質である。

【表4】

材料	組成 $1-a$	$a$	屈折率 $n$	吸収係数 $k$	作製方法
$\text{Si}_{1-a}-\text{O}_a$	0.95	0.05	3.6	0.020	イオンビーム照射
	0.82	0.18	2.9	0.010	酸素雰囲気
	0.65	0.35	2.8	0.006	オゾン利用
$\text{Si}_{1-a}-\text{N}_a$	0.91	0.09	3.3	0.019	プラズマ照射 ( $\text{N}_2$ ガス)
	0.83	0.17	3.1	0.018	イオンビーム照射
$\text{Si}_{1-a}-\text{C}_a$	0.94	0.06	3.3	0.020	プラズマ照射 ( $\text{CH}_4$ ガス)
	0.88	0.12	2.8	0.018	プラズマ照射 ( $\text{CH}_4$ ガス)
	0.88	0.12	2.8	0.018	プラズマ照射 ( $\text{CH}_4$ ガス)
$\text{Si}_{1-a}-(\text{O} \cdot \text{N})_a$	0.81	0.19	3.0	0.020	プラズマ照射 (但し $\text{O}:0.1, \text{N}:0.09$ ) ( $\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$ ガス)
	0.92	0.08	3.3	0.021	プラズマ照射 (但し $\text{O}:0.04, \text{N}:0.04$ ) ( $\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$ ガス)
	0.92	0.08	3.3	0.021	プラズマ照射 (但し $\text{O}:0.04, \text{N}:0.04$ ) ( $\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$ ガス)

【0058】表4に示すように本実施の形態の製造方法で作製した高屈折率膜は、いずれも $n$ が2.8以上の高屈折率であり、かつ吸収係数 $k$ も0.02以下である。尚、酸素を導入しない場合は、 $n$ は3.5、 $k$ は0.04以上となる。Siに酸素、窒素、炭素を含ませることで、屈折率は低下させないで吸収係数を小さくできる。Siにドーパされる元素Xの組成 $a$ は、 $0.05 \leq a \leq 0.35$ の範囲内にあることを特徴とする。組成 $a$ が0.05より小さいと、膜の性質はより金属的になり、吸収係数は急激に増大する。一方、 $a$ が0.35より大きくなると、吸収係数は低下するが、屈折率も2.8より小さくなり、この場合は偏光ビームスプリット膜BSとしての性能を満足させることが困難になる。

【0059】ここで、 $\text{Si}_{1-a}-\text{O}_a$ はアモルファス半導体Siの中に酸素Oがドーパされたことを表してい

る。SiとOとの結合状態は厳密には不明である。従って、イオン結合から共有結合性、格子間原子までSiがOを含有するものは、すべて本発明の膜の範疇に入るものとする。尚、組成は光電子分光法、オージェ電子分光法などの検出データを参考にして求めた。以下 $\text{Si}_{1-a}-\text{N}_a$ 、 $\text{Si}_{1-a}-\text{C}_a$ 、 $\text{Si}_{1-a}-(\text{O} \cdot \text{N})_a$ についても同様である。

【0060】表5は、本実施の形態の反射膜Rの主要部を構成する高屈折率膜の組成と、光学特性とを示す表である。この表では、本実施の形態の各種製造方法で得られた高屈折率膜 $\text{Si}_{1-b}-\text{X}_b$ の組成 $1-b$ 、 $b$ と、波長80nmでの屈折率、吸収係数が示されている。但し、Xは酸素、窒素、炭素の内少なくとも一種からなる物質である。

【表5】

材料	組成 1-b	b	屈折率 n	吸収係数 k	作製方法
Si <sub>1-b</sub> -O <sub>b</sub>	0.94	0.06	3.4	0.012	イオンビーム照射
	0.84	0.16	3.3	0.006	オゾン照射
Si <sub>1-b</sub> -N <sub>b</sub>	0.91	0.09	3.4	0.020	プラズマ照射
	0.83	0.17	3.2	0.018	イオンビーム照射
Si <sub>1-b</sub> -C <sub>b</sub>	0.94	0.06	3.5	0.020	プラズマ照射
	0.88	0.12	3.3	0.020	プラズマ照射
Si <sub>1-b</sub> -(O・N) <sub>b</sub>					
	0.70	0.30	3.0	0.020	プラズマ照射
	(但しO:0.2,N:0.1)				
	0.92	0.08	3.4	0.021	プラズマ照射
	(但しO:0.04,N:0.04)				

表5に示すように、いずれの高屈折率膜は2.8以上の屈折率であり、しかも吸収係数が小さい。ここでは組成比は、 $0.05 \leq b \leq 0.35$ の範囲内にあることを特徴とする。bが0.05より小さいと、膜の性質はより金属的になり、吸収係数は急激に増大する。一方、bが0.35より大きくなると、吸収係数は低下するが、屈

折率は2.8より小さくなり、反射膜としての性能を満足させることが困難になる。

【0061】表6は、真空中の熱処理前後の高屈折率膜の屈折率nと吸収係数kとを示す表である。

【表6】

材料	組成 (熱処理前) Si O		熱処理温度 ℃	熱処理前 n k		熱処理後 n k	
Si-O	0.95	0.05	250	3.5	0.040	3.5	0.02
	0.90	0.10	300	3.4	0.038	3.4	0.019
	0.93	0.07	450	3.3	0.030	3.3	0.015
	0.95	0.05	500	3.4	0.037	3.3	0.007
比較例	0.92	0.08	200	3.2	0.025	3.2	0.023
	0.95	0.05	540	3.5	0.041	2.7	0.001

熱処理温度が250℃から500℃までは、屈折率の低下は無いが小さく、一方吸収係数の低下は大きい。比較例として表中に熱処理温度200℃の例を示すが、200℃では吸収係数を小さくすることはできない。500℃より大きくなると屈折率、吸収係数の両方とも低下が大きい。

【0062】以上様な方法で得られる高屈折率膜と、

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及びTiO<sub>2</sub>膜のような誘電体膜を交互に積層したものを偏光ビームスプリット膜BSと反射膜Rとし、それらを偏光プリズムに設けた。表7に本実施の形態の反射膜Rにおける積層膜の構成と、高屈折率層の屈折率nと吸収係数kとを示す。

【表7】

		膜厚	屈折率	吸収係数
基板	$n = 1.635$	—	$n$	$k$
第1層	$Al_2O_3$	354nm		
第2層	Si-O	30nm	3.4	0.012
第3層	$TiO_2$	127nm		
第4層	Si-O	30nm	3.4	0.012
第5層	$TiO_2$	127nm		
第6層	Si-O	30nm	3.4	0.012
第7層	$TiO_2$	127nm		
第8層	Si-O	30nm	3.4	0.013
第9層	$TiO_2$	127nm		
第10層	Si-O	30nm	3.4	0.012
第11層	$TiO_2$	127nm		
第12層	Si-O	30nm	3.4	0.012
第13層	$TiO_2$	127nm		
第14層	Si-O	30nm	3.4	0.013
第15層	$TiO_2$	127nm		
第16層	Si-O	30nm	3.4	0.013
第17層	$TiO_2$	127nm		
第18層	Si-O	30nm	3.4	0.014
第19層	$TiO_2$	127nm		
第20層	Si-O	30nm	3.5	0.013
第21層	$TiO_2$	127nm		
第22層	Si-O	30nm	3.5	0.012
第23層	$Al_2O_3$	354nm		
基板	$n = 1.635$	—		

ここで高屈折率膜としてイオンビーム照射で作製したSi-Oとして $Si_{1-a}O_a = Si_{0.95}O_{0.05}$ を用い、分光特性より屈折率と吸収係数を求めるために、Si-Oの膜厚を30nmとした。表より2層目から22層目まで、屈折率 $n$ が3.4~3.5であり、従来例の表8では、 $n$ が3.0~3.6であるのに対して安定していることが判る。また従来例の表3では吸収係数 $k$ が0.020~0.040であるのに対し、本実施の形態の吸

収係数 $k$ は0.012~0.014と小さく、しかも安定している。

【0063】(実施の形態2)次に本発明の実施の形態2における光学素子の一部を構成する反射膜Rと、P-S位相差の入射角度依存性を中心に説明する。光ピックアップ全体の構成は図8及び図9に示すものと同一である。図1は本実施の形態の光ピックアップの一部である偏光プリズムの断面図である。また図2~5に偏光プリ

ズムのP-S位相差の入射角度依存性を示す。図6、図7に偏光プリズムの反射率の入射角度依存性を示す。

【0064】図1に示すように、偏光プリズムは、レーザー光の光軸を含む面と直角な方向から見て、断面が平行四辺形のプリズム1と、三角プリズム7、8とにより構成される。プリズム1はレーザー光の光軸に対して45°にカットされた2つの斜面を有し、このプリズム1を構成する硝材2の屈折率 $n$ は1.635である。三角プリズム7と当接する斜面3上には、表4又は表5に示

したような高屈折率膜が形成されている。この高屈折率膜と誘電体膜との多層膜を偏光プリズム膜又は偏光ビームプリズム膜4と呼ぶ。即ち酸素、窒素、炭素の内1種又は2種以上の元素を含んだSiからなる膜と、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Y_2O_3$ 及び $TiO_2$ 膜のような複数の誘電体膜とを積層したものである。なお偏光ビームスプリット膜4は表8に示されるように10層の積層膜である。

【表8】

		膜厚
基板	$n = 1.635$	—
第1層	$Al_2O_3$	390nm
第2層	Si-O	25nm
第3層	$Al_2O_3$	324nm
第4層	Si-O	25nm
第5層	$Al_2O_3$	390nm
第6層	$SiO_2$	186nm
第7層	$Y_2O_3$	166nm
第8層	$SiO_2$	186nm
第9層	$Y_2O_3$	101nm
第10層	$SiO_2$	186nm
基板	$n = 1.635$	—

表8においてSi-Oは $Si_{0.95}O_{0.05}$ を示し、その屈折率 $n$ は3.6、吸収係数 $k$ は0.02とする。

【0065】同一の硝材2内であって斜面3と平行な斜面5上には反射膜6が形成されている。この反射膜6は表5に示すような高屈折率膜として $Si_{1-b}X_b$ （Xは酸素、窒素、炭素の内少なくとも一種からなる物質）、

組成が $0.05 \leq b \leq 0.35$ である膜と、相対的に低屈折率である $Al_2O_3$ 及び $TiO_2$ 膜のような誘電体膜とを交互に積層したものである。なお反射膜6は表7、表9、表10に示されるように23層の積層膜である。

【表9】

		膜厚
基板	$n = 1.635$	—
第1層	$Al_2O_3$	295 nm
第2層	Si-N	60 nm
第3層	$TiO_2$	106 nm
第4層	Si-N	60 nm
第5層	$TiO_2$	106 nm
第6層	Si-N	60 nm
第7層	$TiO_2$	106 nm
第8層	Si-N	60 nm
第9層	$TiO_2$	106 nm
第10層	Si-N	60 nm
第11層	$TiO_2$	106 nm
第12層	Si-N	60 nm
第13層	$TiO_2$	106 nm
第14層	Si-N	60 nm
第15層	$TiO_2$	106 nm
第16層	Si-N	60 nm
第17層	$TiO_2$	106 nm
第18層	Si-N	60 nm
第19層	$TiO_2$	106 nm
第20層	Si-N	60 nm
第21層	$TiO_2$	106 nm
第22層	Si-N	60 nm
第23層	$Al_2O_3$	295 nm
基板	$n = 1.635$	—

表9においてSi-Nは $Si_{0.91}N_{0.09}$ を示し、その屈折率 $n$ は3.4、吸収係数 $k$ は0.02とする。

【表10】

		膜厚
基板	$n = 1.635$	—
第1層	$Al_2O_3$	354 nm
第2層	Si-C	60 nm
第3層	$TiO_2$	127 nm
第4層	Si-C	60 nm
第5層	$TiO_2$	127 nm
第6層	Si-C	60 nm
第7層	$TiO_2$	127 nm
第8層	Si-C	60 nm
第9層	$TiO_2$	127 nm
第10層	Si-C	60 nm
第11層	$TiO_2$	127 nm
第12層	Si-C	60 nm
第13層	$TiO_2$	127 nm
第14層	Si-C	60 nm
第15層	$TiO_2$	127 nm
第16層	Si-C	60 nm
第17層	$TiO_2$	127 nm
第18層	Si-C	60 nm
第19層	$TiO_2$	127 nm
第20層	Si-C	60 nm
第21層	$TiO_2$	127 nm
第22層	Si-C	60 nm
第23層	$Al_2O_3$	354 nm
基板	$n = 1.635$	—

表10においてSi-Cは $Si_{0.88}C_{0.12}$ を示し、その屈折率 $n$ は3.3、吸収係数 $k$ は0.02とする。

【0066】硝材2の一方の片側には偏光ビームスプリット膜4を介して三角プリズム7が接合され、他方の片側には反射膜6を介して三角プリズム8が接合されている。図2は前述した多層膜で構成される偏光ビームスプリット膜4において、その反射光のP-S位相差の入射角依存性を示すグラフである。また図3は反射膜6での

反射率の入射角依存性を示すグラフである。また図4は偏光ビームスプリット膜4と反射膜6の反射光のP-S位相差の合計、即ち光磁気記録媒体で反射した光が光検出素子に入射する際のP-S位相差の入射角依存性を示すグラフである。なお、図2において横軸は光の入射角度を示し、偏光ビームスプリット膜4が形成された斜面3の法線と入射光とのなす角度を示す。図3において横軸は反射膜6が形成された斜面5の法線と入射角とのな



す角度を示す。

【0067】図2、図3、図4で明らかなように、表1の構成を有する従来例の偏光ビームスプリット膜、及び表2の構成を有する従来例の反射膜、即ち誘電体膜のみで構成した多層膜と比べると、従来例ではP-S位相差が $-30^{\circ} \sim +40^{\circ}$ であるのに対し、本実施の形態の偏光ビームスプリット膜4のP-S位相差は、図2に示すように $+2^{\circ} \sim +10^{\circ}$ である。また反射膜6のP-S位相差は、従来例では $-50^{\circ} \sim +50^{\circ}$ であるのに対し、本実施の形態では図3に示すように $-4^{\circ} \sim +5^{\circ}$ である。従って、光検出素子に入射する際の光のP-S位相差は、従来例では $-50^{\circ} \sim +50^{\circ}$ 以上であったが、本実施の形態では図4に示すように $+2^{\circ} \sim +16^{\circ}$ となり、P-S位相差を大幅に低減できた。なお、図示していないが、透過、反射率の入射角度依存性も小さく、高効率であることはいうまでもない。

【0068】このように良好な位相特性が得られるのは、基本的には誘電体膜及び金属膜のもつ特徴を補完しあった多層膜であることに起因する。つまり、誘電体膜は膜の吸収損失がなく、複数の材料を適当に組み合わせることで、透過率や反射率を任意に設定できる。この反面、誘電体膜は光の入射角度によって位相差などの光学特性が大きく変化するのに対し、金属膜は屈折率が大きいため、光の入射角が変化しても、光学特性は比較的变化しない。しかし金属膜は吸収率が大きいため、高効率な透過率を実現することが困難である。このように個々の持つ特性を生かすべく、誘電体膜及び金属膜を積層することにより、透過率や反射率を任意に設定して光の入射角度依存性を小さくできる。

【0069】以上の実施の形態では、単なる金属膜ではなく、酸素、窒素、炭素の内少なくとも一つの物質を含むSi膜を配しているために、高屈折率と低吸収係数が得られる。従って高効率な偏光ビームスプリット膜及び反射膜を実現できる。

【0070】図5は表8に示す多層膜で構成した偏光ビームスプリット膜4において、反射光のP-S位相差の入射角依存性を実線で示す。ここでは高屈折率層の $n$ が3.5、 $k$ が0.04の場合を従来例として二点鎖線で示す。従来例では入射角度 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ で位相差が $-2^{\circ} \sim 6^{\circ}$ であったのに対し、本実施の形態では、表8の多層膜を用い、実線で示すように入射角度 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ で位相差が $+2^{\circ} \sim +9^{\circ}$ と改善されている。

【0071】一方、図6、図7は表9、表10の多層膜で構成した反射膜6単独での反射率の入射角依存性を示すグラフである。図6において、従来例を二点鎖線及び一点鎖線で示し、本実施の形態を実線及び破線で示す。実線で表される高屈折率層は $\text{Si}_{0.91}\text{N}_{0.09}$  ( $n=3.4$ ,  $k=0.020$ )である。図7においても、従来例を二点鎖線及び一点鎖線で示し、本実施の形態を実線及び破線で示す。実線で表される高屈折率層は $\text{Si}_{0.88}\text{C}$

$0.12$  ( $n=3.3$ ,  $k=0.02$ )である。

【0072】図6よりP波の反射 $R_p$ が、従来例では二点鎖線で示すように $87 \sim 92\%$ であったのに対し、本実施の形態では実線で示すようにP波の反射 $R_p$ が $93 \sim 96\%$ となっている。またS波の反射 $R_s$ は、従来例では一点鎖線で示すように $96\%$ 程度であったが、本実施の形態のS波の反射 $R_s$ は破線で示すように $98\%$ となっている。また図7においても、 $R_p$ が $96\%$ 、 $R_s$ が $95\%$ と大幅に向上している。このように酸素、窒素、炭素の内少なくとも一種を含むSi膜を配しているために、高屈折率 $n$ と低吸収係数 $k$ が得られ、その結果高効率の反射膜を実現できる。

【0073】また、偏光ビームスプリット膜を構成している多層膜中の酸素、窒素、炭素の内、少なくとも一種を含むSi膜の屈折率 $n$ 及び吸収係数 $k$ は、図2～4で示すように、反射光のP-S位相差の入射角度依存性に影響を与える。前述したように高屈折率膜の屈折率 $n$ は大きく、吸収係数 $k$ は小さいことが好ましいが、更に望むならば、 $n \geq 2.8$ 、 $k \leq 0.2$ であることが好ましい。

【0074】以上の実施の形態においては、硝材2の傾斜角度を略 $45^{\circ}$ としたが、傾斜角度が $35^{\circ} \sim 55^{\circ}$ の範囲においても、斜面3及び斜面5に上記の多層膜を配すると、入射角に伴う反射光のP-S位相差特性と反射膜の反射率を改善できる。

【0075】なお、本発明の実施の形態のプリズムを、図8、図9で示した光ピックアップ内に装填し、P-S位相差の低減により、良好な信号の再生を行うことができた。

【0076】

【発明の効果】以上のように本発明の製造方法で成膜した光学素子によれば、偏光ビームスプリット膜及び反射膜を構成する高屈折率膜の屈折率 $n$ を高くし、且つ吸収係数 $k$ を小さくすることができる。このため、これらの膜への入射角が変化しても、光学特性は変化しにくくなる。即ち、光学素子（偏光プリズム）に入射するレーザー光の入射角がビームの拡散によりばらついていても、P偏光及びS偏光の位相差が、より少なくなるという効果が得られる。このため、光磁気ディスクの情報を偏光プリズムを用いて読み出すとき、良好な再生特性が得られる。

【0077】更に、高屈折率膜の吸収係数がより小さくなるため、レーザー光が透過する偏光ビームスプリット膜の絶対吸収を大幅に低減でき、レーザー光が反射する反射膜の反射率を高くすることができる。このため光検出素子に入射する光量が増加し、再生信号のSN比が向上するという効果が得られる。

【0078】また本発明の製造方法では、高屈折率膜の成膜において、その屈折率や吸収係数などが成膜時の雰囲気、環境、装置によって大きく影響を受けず、安定し

て高屈折率膜を基板面に形成することができる。即ち、高屈折率膜の吸収係数にばらつきが無くなるので、光学ピックアップとして安定な特性が得られる。

【0079】さらに、平行プリズムの角度を略45°、屈折率を1.6以上とすることにより、硝材・空気の入射で良好な反射率特性を得られるという特有の効果が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における光学素子を構成するプリズムの断面図である。

【図2】本実施の形態1の偏向ビームスプリット膜において、P-S位相差の入射角度依存性を示す特性図である。

【図3】本実施の形態1の反射膜において、P-S位相差の入射角度依存性を示す特性図である。

【図4】本実施の形態の偏向ビームスプリット膜と反射膜とを經由した場合の光のP-S位相差の入射角度依存性を示す特性図である。

【図5】本実施の形態2の偏向ビームスプリット膜において、P-S位相差の入射角度依存性を示す特性図である。

【図6】本実施の形態2の反射膜において、P-S位相差の入射角度依存性を示す特性図である。

【図7】本実施の形態2の反射膜において、反射率の入射角依存性を示す特性図である。

【図8】従来例及び本発明の光学素子を含む光ピックアップの構成を示す概略断面図である。

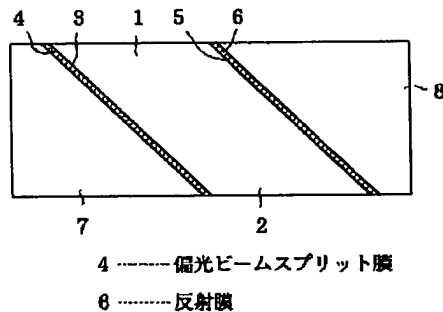
【図9】従来例及び本発明の光学素子を含む光ピックアップの構成を示す平面図である。

【図10】従来例の光学素子において、P-S位相差の入射角度依存性を示す特性図である。

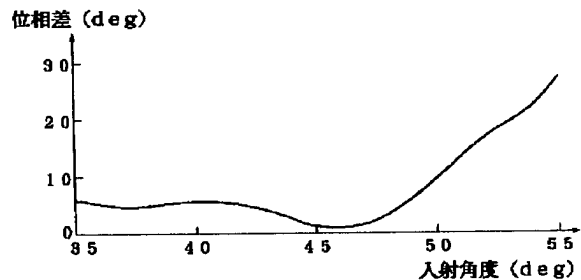
#### 【符号の説明】

- 1 プリズム
- 2 硝材
- 3, 4 斜面
- 4 偏光ビームスプリット膜
- 6 反射膜
- 7, 8 三角プリズム
- 81 光学モジュール
- 82 基板
- 83 レーザダイオード
- 84~86 光検出素子
- 84a~84f, 85a~85f, 86a, 86b フォトダイオード
- 87 透明基板
- 88 ホログラム回折格子
- 89 偏光プリズム
- 90 プリズム型検光子
- 91 対物レンズ
- 92 光磁気記録媒体

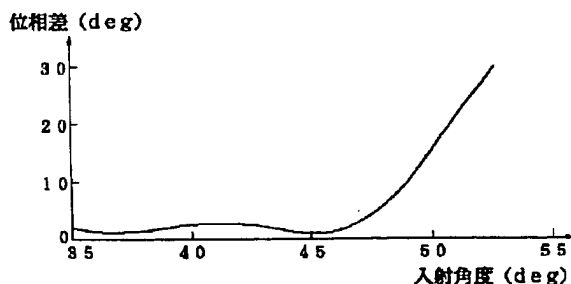
【図1】



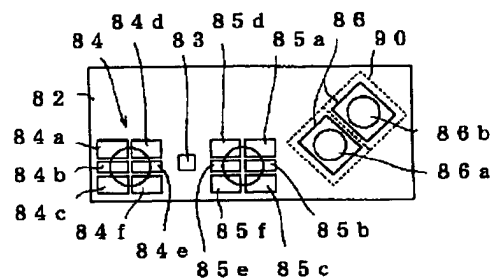
【図2】



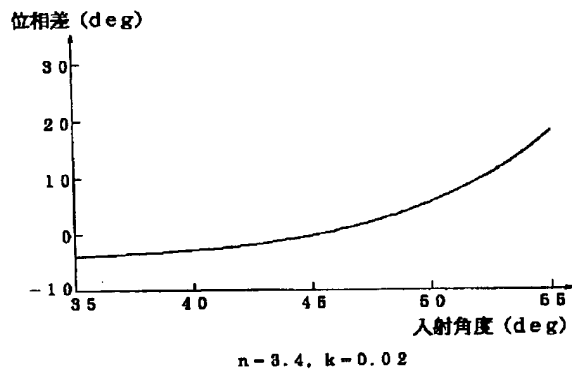
【図4】



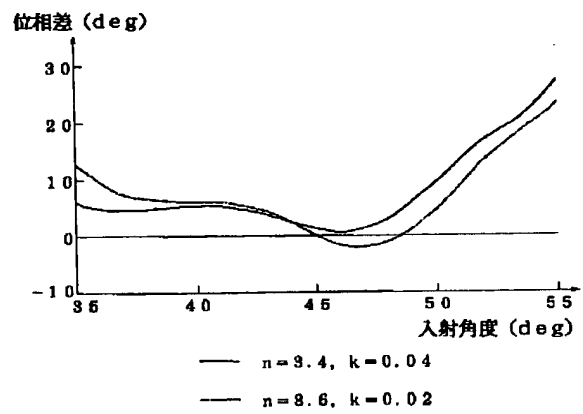
【図9】



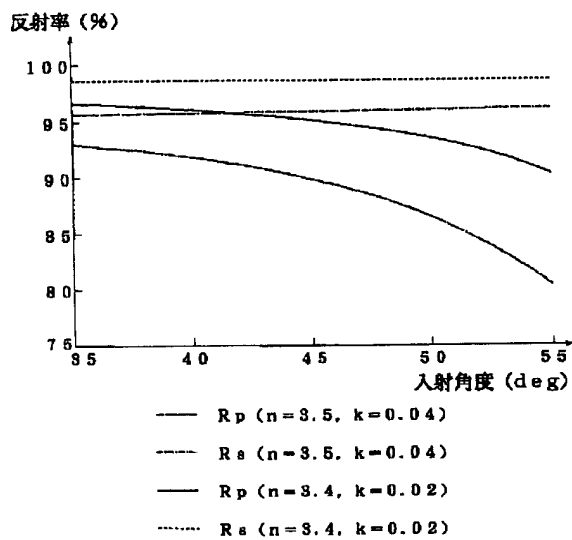
【図3】



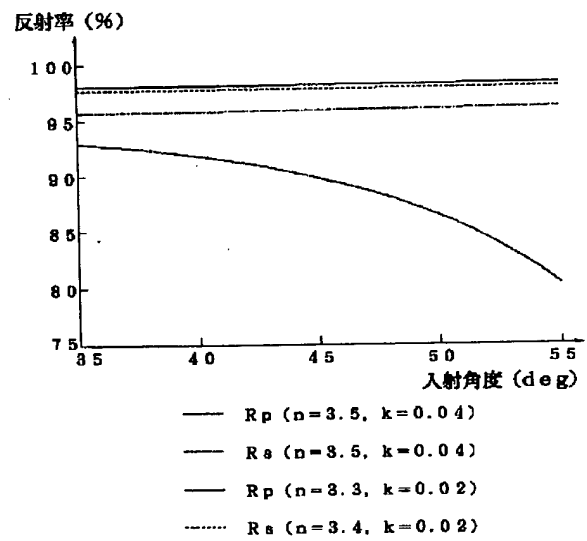
【図5】



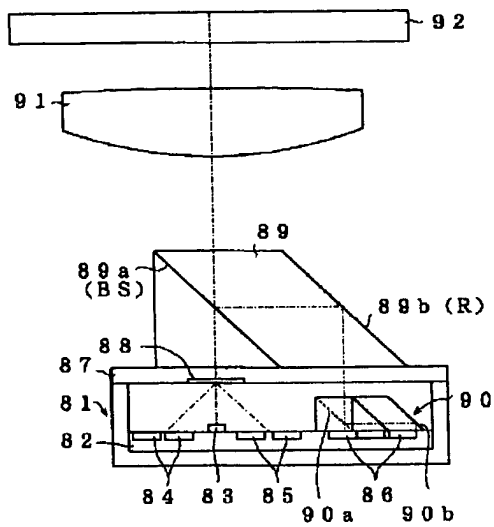
【図6】



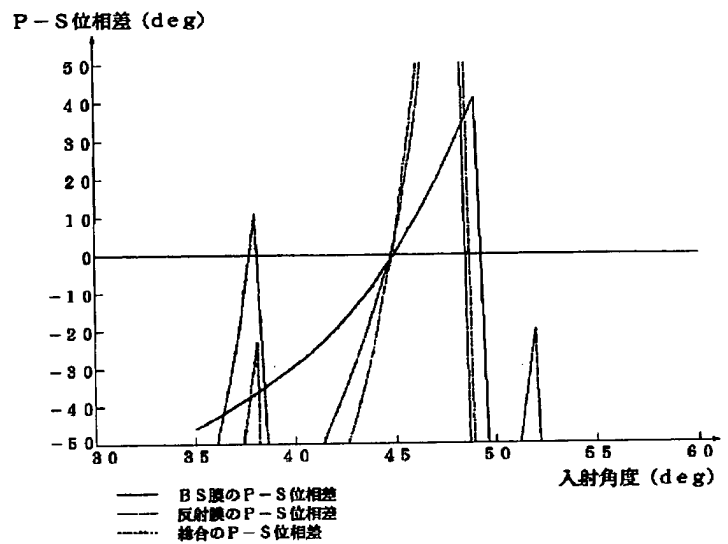
【図7】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 能智 紀台  
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
 産業株式会社内